

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ СО СХЕМОЙ СОЕДИНЕНИЯ «ЗВЕЗДА-ЗИГЗАГ»

ADVANTAGES OF USING TRANSFORMERS WITH A STAR- ZIGZAG CONNECTION SCHEME

Сулеев М. А., Валиуллин К. Р.

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург,
suleev.musa@yandex.ru

Valiullin K. R., Suleyev M. A.

Orenburg State University, Orenburg

Аннотация: данная статья посвящена рассмотрению преимуществ применения схемы соединения обмоток трансформаторов с номинальным напряжением 6–10/0,4 кВ «звезда-зигзаг», а именно: снижению потерь мощности и выравниванию напряжений при несимметричной нагрузке.

Abstract: This article is devoted to consideration advantages of using "star-zigzag" windings connection scheme for transformers with nominal voltage 6–10 kV, namely: reducing power losses and equalizing the voltages under asymmetric load.

Ключевые слова: звезда-зигзаг, снижение потерь, качество электроэнергии.

Key words: star-zigzag, reduction of power losses, quality of power energy

В современной энергетике России стоит вопрос минимизации потерь и соблюдения требований по качеству электроэнергии в эксплуатируемых и вновь сооружаемых распределительных сетях 0,4 и 6–10 кВ. Одной из частых проблем является несимметрия напряжений в городских и сельских сетях. Решение этой проблемы

возможно с помощью применения в данных сетях трансформаторов со схемой соединения обмоток «звезда-зигзаг».

Согласно [1] трансформаторы напряжением 6–10/0,4 могут изготавливаться со следующими схемами соединения обмоток (рис. 1):

- «звезда-звезда с нулевым проводом» – Y/Y_0 ;
- «треугольник-звезда с нулевым проводом» – Δ/Y_0 ;
- «звезда-зигзаг с нулевым проводом» – Y/Z_0 .

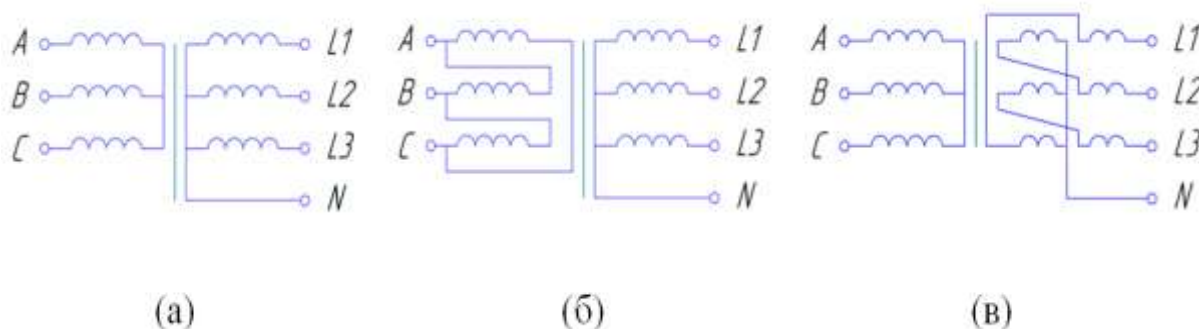


Рис. 1. Схемы соединения обмоток трансформаторов 10/0,4 кВ
а – «звезда-звезда с нулевым проводом»; б – «треугольник-звезда с нулевым проводом»; в – «звезда-зигзаг с нулевым проводом»

С точки зрения рассматриваемой проблемы, наиболее важным их отличием является различное сопротивление нулевой последовательности.

Трансформаторы со схемой соединения Y/Y_0 используют для питания симметричной нагрузки [2]. Поэтому сравнение характеристик при несимметричной нагрузке была произведена только для двух схем (Δ/Y_0 и Y/Z_0)

Для сравнения был выбран трансформатор ТМГ мощностью 400 кВА. Параметры схем соединения трансформаторов взяты из [2].

Для определения влияния нагрузки на возникновение несимметрии напряжений по соотношениям из [3] были рассчитаны и построены векторные диаграммы при однофазной нагрузке. Результаты приведены на рис. 2.

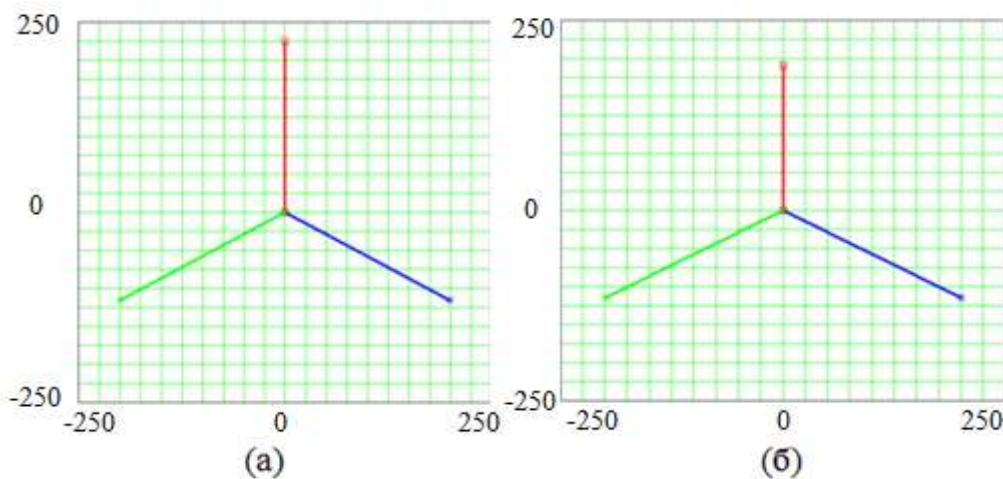


Рис. 2. Векторные диаграммы напряжений при однофазной нагрузке
а – схема Y/Z_0 ; б – схема Δ/Y_0

На векторной диаграмме заметно снижение напряжения на фазе с подключенной нагрузкой при схеме соединения обмоток Δ/Y_0 . При этом при схеме Y/Z_0 нет заметного снижения напряжения.

Для анализа потерь в трансформаторе при несимметричной нагрузке был применен метод симметричных составляющих.

Согласно данному методу, потери мощности в трансформаторе со схемой соединения Δ/Y_0 определяются по выражению:

$$\Delta P_{\Delta/Y_0} = \Delta P_{xx} + 3 \cdot I_{ном}^2 \cdot k_3^{(1)} \cdot R^{(1)} \cdot (1 + (k_{нес}^{(2)})^2 + (k_{нес}^{(0)})^2), \text{ Вт} \quad (1)$$

где ΔP_{xx} – потери холостого хода трансформатора, Вт;

$I_{ном}$ – номинальный ток трансформатора, А;

$k_3^{(1)}$ – коэффициент загрузки трансформатора по току прямой последовательности;

$R^{(1)}$ – сопротивление прямой последовательности обмоток трансформатора, Ом;

$k_{нес}^{(2)}, k_{нес}^{(0)}$ – коэффициенты несимметрии по току обратной и нулевой последовательностей;

Для схемы соединения Y/Z_0 данная зависимость принимает немного иной вид:

$$\Delta P_{Y/Z_0} = \Delta P_{xx} + 3 \cdot I_{ном}^2 \cdot k_3^{(1)} \cdot (R^{(1)} \cdot (1 + (k_{нес}^{(2)})^2) + R^{(0)} \cdot (k_{нес}^{(0)})^2), \text{ Вт} \quad (2)$$

где $R^{(0)}$ – сопротивление нулевой последовательности обмоток трансформатора, Ом.

Для определения потерь была принята однофазная нагрузка ($k_{нес}^{(2)} = k_{нес}^{(0)} = 1$). Результаты расчёта потерь представлены в виде графика (рис. 3).

На основании выполненных расчётов можно сделать выводы, что применение трансформаторов со схемой соединения «звезда-зигзаг с нулевым проводом» позволяет:

1) Питая мощные однофазные нагрузки без ухудшения качества электрической энергии;

2) Снизить потери электроэнергии в трансформаторе при значительной несимметрии нагрузки.

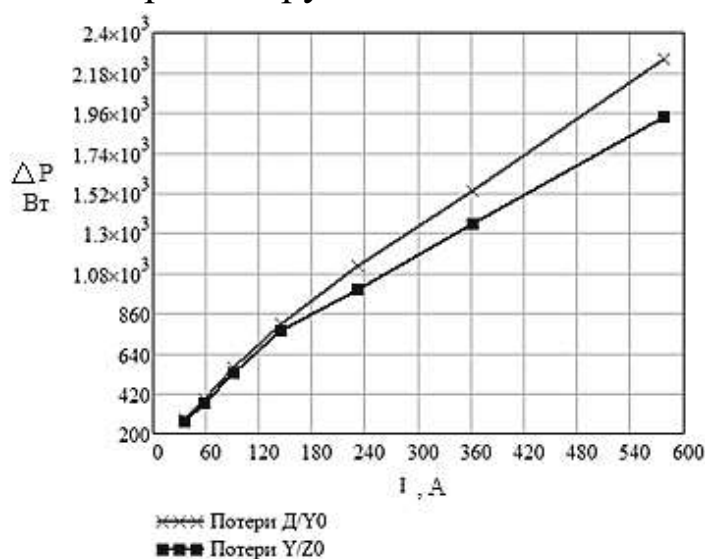


Рис. 3. Результаты расчёта потерь в трансформаторе при однофазной нагрузке

Список использованных источников

- ГОСТ 11677-85. Трансформаторы силовые. Общие технические условия. М., 1990.
- Распределительные трансформаторы 6 (10) кВ. Проблема качества электрической энергии в сетях 0,4 кВ. Исследование несимметричной работы трансформаторов / ОАО «АлТранс» [Электронный ресурс]. Режим доступа <http://www.alttrans.ru> (дата обращения 5.03.2017).
- Васютинский С. Б. Вопросы теории и расчёта трансформаторов / С. Б. Васютинский. Л. : Энергия, 1970. 432с.

УДК 625.1

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ НА НЕТЯГОВЫЕ НУЖДЫ